



BIOMECÂNICA DAS LESÕES POR FRATURA E O PROCESSO DE CICATRIZAÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Aline Pasa Saibe^a, Patrick Moreira Leonardo^b, Paulo da Silva Rodrigues^a, Caroline Bernardes^{c*}

- a) Discente do Curso de Fisioterapia, Centro Universitário da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, RS.
- b) Fisioterapeuta graduado pelo Centro Universitário da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, RS.
- c) Docente do Curso de Fisioterapia, Centro Universitário da Serra Gaúcha, Caxias do Sul, RS.

Informações de Submissão

*Caroline Bernardes, endereço: Rua Os Dezoito do Forte, 2366 - Caxias do Sul - RS - CEP: 95020-472.
E-mail: caroline.bernardes@fsg.edu.br

Palavras-chave:

Consolidação. Fratura. Osso. Fisioterapia.

Resumo

Introdução: A fratura é reconhecida como um problema de saúde pública, com alto impacto na vida dos pacientes e sua incidência varia muito nas diversas regiões do mundo. A cicatrização de uma fratura apresenta uma sequência de eventos, todos muito importantes para restaurar o osso lesionado ao seu estado natural. **Objetivo:** Revisar a literatura em busca de informações referentes à identificação das etapas do trauma, análise dos principais efeitos do estresse no tecido ósseo e, a compreensão dos eventos do pós-operatório destas lesões relacionadas ao sistema osteomuscular. **Metodologia:** O estudo foi realizado através de pesquisas sustentadas pelas bases de dados *LILACS*, *SciELO* e *PubMed*, de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS): consolidação, fratura, osso e fisioterapia. **Resultados:** As fraturas por estresse mais diagnosticadas, de acordo com os estudos revisitados, acontecem na tíbia, metatarsos e fíbula. Os fatores de risco associados ao desenvolvimento de fraturas são divididos em extrínsecos e intrínsecos. O tratamento conservador dessas lesões é feito com diminuição da sobrecarga, medicação analgésica para controle de dor e reabilitação fisioterapêutica. O tratamento cirúrgico necessita de uma grande eficiência na estabilização e compressão dos fragmentos ósseos. **Conclusão:** Para uma boa recuperação funcional do paciente, se faz necessário que o fisioterapeuta tenha amplo conhecimento sobre processo de fratura do tecido ósseo, biomecânica e tudo que envolve a fase cicatricial do osso.

1 INTRODUÇÃO

Fratura é reconhecida como um problema de saúde pública, com alto impacto na vida dos pacientes, e sua incidência varia muito nas diversas regiões do mundo (SILVEIRA *et al*, 2005). Na

região sul do Brasil, as diferenças entre os gêneros masculino e feminino em relação à prevalência de fraturas ocasionadas pela osteoporose, por exemplo, é de 10,6% e 13,8%, respectivamente (PINHEIRO *et al*, 2010). No caso de fraturas de quadril, a incidência aumenta com a idade, dobrando a cada 10 anos depois dos 50 anos e a mortalidade no primeiro ano pós-fratura varia de 10% a 30% (GUERRA *et al*, 2010).

De acordo com estimativas, pacientes que tiveram uma fratura apresentam aproximadamente o dobro de risco de ter uma nova fratura no futuro, em comparação com indivíduos que nunca tiveram tais ferimentos. Pacientes com fraturas devido à trauma de punho, quadril, úmero ou tornozelo apresentam um risco de fraturas futuras que é quatro vezes maior. Pacientes com fratura vertebral terão novas fraturas nos próximos três anos e muitos terão já no primeiro ano, além de apresentarem riscos quase cinco vezes maior de terem lesões semelhantes (STOLNICKI E OLIVEIRA, 2016).

A cicatrização de uma fratura apresenta uma sequência de eventos, todos muito importantes para restaurar o osso lesionado ao seu estado original. Entre estes eventos, encontra-se o processo de inflamação, reparo e remodelação (SCHÜTZ *et al*, 2013).

Considerando a importância do assunto exposto, o presente estudo foi realizado com o objetivo de revisar a literatura em busca de informações referentes à identificação das etapas do trauma, análise dos principais efeitos do estresse no tecido ósseo e também à compreensão dos eventos do pós-operatório destas lesões relacionadas ao sistema osteomuscular, compreendendo quais as melhores formas que o fisioterapeuta pode trabalhar com esse perfil de paciente, analisando, avaliando e tratando de uma forma apropriada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Composição do Osso

O osso é composto por uma matriz óssea, células e revestimento. A matriz óssea é constituição de substâncias orgânicas, 35% representa a flexibilidade do osso, e uma parte inorgânica 65%, representa a rigidez e resistência do osso. As células são divididas em: osteócitos (células maduras, recebem nutrição dos vasos sanguíneos através dos canaliculos). osteoblastos (células jovens, responsáveis pela síntese de fibras colágenas), osteoclastos (células grandes, fazem parte dos processos de reabsorção e remodelação do tecido ósseo) e células osteoprogenitoras

(células pequenas, possuem capacidade de autorrenovação, assegurando a persistência de um estoque de células osteogênicas para o crescimento e reparo dos ossos. E pelo revestimento que são membranas conjuntivas constituídas por células osteogênicas ou osteoprogenitoras, essenciais para a manutenção do tecido (JUDAS *et al*, 2012).

2.2 Classificação das Fraturas

As fraturas podem ser classificadas como, oblíqua (a fratura cresce na diagonal e vai quebrando o osso), cominutiva (osso se quebra em vários pedaços), espiralada (é uma fratura em que um pedaço de osso é girado), exposta (quando os fragmentos penetram a pele e são visíveis), fratura em galho verde (fratura na qual o osso não está completamente ossificado), fraturas patológicas (tecidos ósseos já acometidos, como a osteoporose) fraturas por estresse (mais comum entre os atletas, que possuem ossos que se quebram devido ao estresse repetido) (MOREIRA, 2013).

Nessas fraturas pode haver pouco ou nenhum movimento, dependendo do deslocamento do osso no tecido, já a fratura exposta se torna algo mais grave, por haver deslocamento do osso no tecido. Atualmente a fratura exposta gera um alto gasto e impacto socioeconômico, segundo o Ministério da Saúde os acidentes de trânsito são os maiores causadores de fraturas, elevando significativamente as taxas de mortalidade entre 1 a 50 anos de idade (PRENTICE, 2012).

2.3 Efeitos do estresse mecânico na fratura óssea

A biomecânica do tecido osteomuscular pode apresentar diferentes tipos de forças, dependendo do tipo e forma que essa força é aplicada sobre tal. Estas forças diferentes podem ser de vários tipos: compressão, tração, flexão, deslizamento e torção. Em todas as possíveis forças geradas pelo tecido osteomuscular, todas estão sujeitas as lesões, que exigem a interrupção de qualquer tipo de treinamento ou atividade. E a prevenção destas lesões irá depender da estrutura e característica mecânica (HALL, 2009).

As lesões podem ser de dois tipos: lesões agudas e lesões crônicas. As lesões agudas também são conhecidas como lesões traumáticas, e são aquelas em que é aplicado uma força tão alta que apenas no momento desta única força ocorre a lesão. Já a lesão crônica é conhecida como lesão por esforços repetitivos, e nela a carga não necessariamente é alta, porém a cada aplicação de

pequenas cargas há microtraumas que individualmente não representam nenhum risco, porém o seu somatório a longo prazo resulta em lesões (HALL, 2009).

Conforme uma força de compressão é aplicada sobre o osso, ocorrerá uma deformação proporcional. Se esta deformação for elástica, isso significa que ela será reversível, pois não há comprometimento do tecido como, por exemplo, o surgimento de uma lesão. Contudo, existe certa tolerância à magnitude da força na qual o osso conseguirá responder de forma elástica. Se a magnitude da força for muito alta e ultrapassar um determinado limiar, no gráfico representado B', o osso passará a responder com uma deformação plástica, na qual lesão é imposta ao tecido e a deformação produzida será irreversível. A lesão produzida, com o tempo, poderá ser regenerada. No entanto, a deformação plástica produzida não será desfeita e a dimensão do osso terá sido modificada. Na condição de deformação plástica, a magnitude da força já é relativamente tão alta para este osso, que pequenos aumentos na magnitude da força produzirão grandes deformações e se a força alcançar a magnitude representada por C', no gráfico, ocorrerá a fratura por completo deste osso. (NORDIN E FRANKEL, 2003).

2.4 Procedimento cirúrgico

A técnica cirúrgica tem o objetivo de levar o osso a sua anatomia normal, ou seja, ao seu alinhamento, assim, osso é fixado sempre em materiais estabilizadores, que promove o retorno ao movimento articular. As cirurgias mais comuns envolvem as aplicações de placas e parafusos, com objetivo de unir o osso ao material, hastes instaladas dentro do osso para fixar a fratura e fixadores que não abrem incisões, mas fixa-se o osso fraturado por meio de fios (MOREIRA, 2013).

O procedimento cirúrgico é determinado pela situação de cada osso, pelo aspecto da fratura, tipo de lesão, localização, idade e lesão dermatológica. Normalmente o tratamento cirúrgico é realizado nas fraturas expostas, para evitar infecções, fraturas articulares para evitar artroses e fraturas irreduzíveis para prevenir consolidação viciosa, desta forma, a cirurgia é amplamente abordada em casos mais extremos, onde há possibilidade de tratamento não cirúrgico opta-se por não fazer a cirurgia, contudo, sendo cirúrgico ou não, não interfere no tempo de consolidação desta fratura, já que o processo biológico acontece na mesma velocidade (BORRACINI *et al*, 2018).

2.5 Fases do trauma na Remodelação e regeneração no tecido ósseo

No ato da lesão, os vasos sanguíneos presentes no interior do tecido rompem e causam um sangramento e a formação de um coágulo que inflama, gerando calor, rubor, edema, sensibilidade e perda da funcionalidade, após um período esses vasos são vedados e a região da fratura com restos mortos do tecido ósseo são fagocitados pelos osteoclastos, e podem durar semanas, os angioblastos responsáveis pela formação de novos vasos sanguíneos também entrarão em ação e irão reparar os tecidos que romperam (PRENTICE, 2012; MCARDLE, KATCH E KATCH, 2011).

A remodelação óssea não é apenas uma atividade a ser desempenhada pelos osteoclastos e osteoblastos com a consequente reabsorção ou formação de osso, é um processo complexo, controlado pela interação de forças mecânicas, hormonais e fatores de crescimento produzidos localmente. “O processo de remodelação óssea parece orientar-se fundamentalmente para um objetivo mecânico, que engloba não só uma adaptação e otimização da estrutura óssea às solicitações mecânicas, como também a remoção de áreas danificadas” (JUDAS *et al*, 2012).

Neste momento, a medula começa a se regenerar, fixada dentro do canal medular, vai se preenchendo por novas células, o periósteo e o endóstio que são as membras que envolvem o osso e esse irá se reconstituir, o periósteo envolverá o osso por completo e o endóstio revestirá internamente, os dois possuem capacidade de produzir células que darão origem ao tecido ósseo – osteoblastos, ali levaram a formação do calo ósseo semelhante a um tecido conjuntivo mole e que posteriormente se torna consistente pelo cálcio, ele é o responsável por levar o osso a sua normalidade, o coágulo presente na lesão irá diminuir. Após esse período a fase seguinte é denominada consolidação (JUDAS *et al*, 2012).

Contudo, apesar dessa alta capacidade regenerativa esse processo às vezes falha e as fraturas podem cicatrizar anatomicamente desfavoráveis, com atrasos, podem se unir a outro osso e desenvolver patologias mais graves, como a pseudoartrose, onde há uma alteração do movimento e o osso nunca se regenera (SANTOS, 2011).

A etapa mais longa da regeneração é a partir da calcificação óssea, a última e a mais longa etapa que podendo levar até mesmo anos para remodelar e cicatrizar o osso. A consolidação da fratura óssea é mais complexa, e pode ser dividido em três fases. A primeira fase utiliza-se o protocolo PRICE (*Protection* – proteção, *Rest* – descanso, *Ice* – gelo, *Compression* – compressão e *Elevation* – elevação). Esse protocolo utiliza-se nos primeiros dias após a fratura, ainda na fase aguda, minimizando edemas, coágulos e que seja gerado uma nova lesão, é importante ressaltar que quando há lesão não há somente a fratura óssea em si, mas há inúmeros tecidos localizados na região, muscular e ligamentar (SANTOS, 2011).

Na segunda e terceira fases da consolidação utiliza-se mobilização articular, uso de laser para acelerar o reparo tecidual, aumentando o volume da densidade mineral e do volume ósseo (SANTOS, 2011). Na consolidação das fraturas é preciso ocorrer atividades como o desbridamento, estabilização e remodelagem no local fraturado.

A consolidação pode ocorrer primariamente com fixação rígida ou secundariamente sem fixação rígida. A consolidação óssea primária ocorre com o contato constante entre os segmentos fraturados. O novo tecido ósseo cresce entre as extremidades ósseas comprimidas, para unir a fratura. A consolidação secundária denota mineralização e substituição por osso de uma matriz cartilaginosa com característica radiográfica com formação de calo ósseo (HOPPENFELD E MURTHY, 2001).

2.6 Consolidação e Cicatrização do tecido ósseo

Na cicatrização, devido a regeneração e a proliferação ocasionadas ocorre a formação de uma cicatriz no tecido lesionado. Sendo que na consolidação ocorre uma reepitelização, vascularizando essa região, viabilizando a angiogênese, e assim, protegendo os novos vasos e contraindo a lesão (DUTTON, 2012).

Nos traumas ósseos, é comum ocorrer a lesão dos nervos periféricos, uma vez que eles acompanham os membros e o trauma acarreta em avulsão, esmagamento ou compressão, lesando a condução nervosa (OLIVEIRA *et al*, 2012).

O laser tem se mostrado um grande auxiliador na aceleração do reparo, muito utilizado nas clínicas de fisioterapia, é um recurso de consolidação das fraturas ósseas, por conseguir chegar até a profundidade do osso, aumentando o volume mineral, conseqüentemente tendo um aumento significativo na proliferação de osteoblastos (OLIVEIRA *et al*, 2012).

A imobilização de primeiro momento é o principal recurso utilizado para a cicatrização inicial, porém quando muito prolongada, resulta em aderência e rigidez, desta forma, as mobilizações passivas são o melhor recurso para melhorar a amplitude de movimento e retornar à funcionalidade (CAMERON, 2009).

Outro fator que impulsiona a cicatrização dessas lesões ósseas são as correntes elétricas que, segundo Dutton (2010), atuam em diversos aspectos, como contrações musculares, estimulação nervosa sensorial, no tratamento da dor, criação de campos elétricos entre os tecidos para a

estimulação ou alteração no processo de cicatrização. A estimulação elétrica tem sua utilidade na fase aguda.

A recuperação da fratura tem sua característica na individualidade para com o paciente e na avaliação continuada, em que o paciente é reavaliado a cada dia de tratamento e o fisioterapeuta pode mudar e evoluir os exercícios para alcançar habilidades motoras funcionais o mais rápido possível.

3 METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão da literatura sendo a busca realizada nas bases de dados *LILACS*, *SciELO* e *PubMed*, de acordo com os Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), com as seguintes palavras-chaves: consolidação, fratura, fisioterapia e osso. Foram selecionados estudos publicados nos últimos 18 anos, no idioma português.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Todo e qualquer osso do corpo humano está sujeito a fraturas, consequência que pode estar intimamente ligada com a atividade diária do atleta e também do não praticante de esportes. Os ossos dos membros inferiores sofrem mais fraturas que os ossos dos membros superiores, sendo este um fator explicado pela própria região anatômica na qual eles se encontram, pois se tratam de ossos de sustentação do peso corporal, recebendo toda a sobrecarga exercida sobre os mesmos. As fraturas por estresse mais diagnosticadas, segundo o que informa os dados de um dos estudos, acontecem na tíbia, metatarsos e fíbula. Ao se analisar os membros superiores e modalidades esportivas que os usam em sua atuação, como tênis, beisebol e basquetebol, o osso mais acometido por fraturas é a ulna, em sua porção proximal, e também o úmero em sua extremidade distal.

Os fatores de risco associados ao desenvolvimento de fraturas são divididos em extrínsecos e intrínsecos. Entre os fatores extrínsecos, está incluído o gesto esportivo, os hábitos nutricionais, os equipamentos utilizados para a prática do esporte e o tipo de solo no qual o esporte é praticado. Ao analisar os fatores intrínsecos, destacam-se as variações anatômicas, condição da musculatura, estado hormonal do praticante, gênero, etnia e também idade. Outros fatores de risco também podem ser levados em consideração, como tabagismo, atividade física com frequência inferior a três vezes por semana e o consumo elevado de bebidas alcoólicas semanalmente.

O tratamento conservador dessas lesões é feito com diminuição da sobrecarga no local acometido, medicação analgésica para controle de dor e reabilitação fisioterapêutica. Para imobilizações, utiliza-se aparelho gessado e órtese. A prevenção deve ser trabalhada incessantemente, com correção de gesto esportivo quando necessário, troca de equipamento e local de treinamento quando estes podem estar favorecendo a sobrecarga óssea, além da mudança de hábitos nutricionais, reconhecimento de alterações hormonais, anatômicas, de força muscular e baixo condicionamento cardiovascular.

O tratamento cirúrgico necessita de uma grande eficiência na estabilização e compressão dos fragmentos ósseos, existindo fatores biomecânicos e biológicos que devem ser levados em conta no momento de escolha do melhor método de fixação.

A reabilitação procura restaurar o movimento articular adjacente, fortalecer tecidos moles localizados próximos ao local lesionado, aumentando a resistência óssea. A escolha do melhor tratamento leva em consideração alguns fatores, como idade do indivíduo, ocupação, massa corpórea, condição articular, entre outras.

Muitos são os eventos que envolvem o processo de cicatrização das estruturas musculoesqueléticas lesionadas. Como parte do processo de reabilitação, ele é composto por três fases distintas: a fase inflamatória, a fase reparadora e a fase de remodelação, a qual se divide em subfases (consolidação e maturação). No processo inflamatório, ocorre a remoção dos fragmentos e tecido morto.

Durante a reparação, ocorre a reepitelização, com nova vascularização. O processo de remodelação, que representa uma notável resposta do tecido ósseo e está sujeito à ação de diversos fatores de regulação, é caracterizado pela conversão do tecido cicatricial inicial em tecido cicatricial. A consolidação óssea primária ocorre através do contato constante entre os fragmentos fraturados, onde um novo tecido ósseo cresce entre as extremidades comprimidas, unindo a fratura. A consolidação óssea secundária se caracteriza pela formação do calo ósseo, onde ocorre uma mineralização e substituição por uma matriz cartilaginosa.

Algumas doenças podem interferir de forma negativa em todo o processo de cicatrização, como diabetes, esclerose sistêmica, anemia, desnutrição, entre outras, tornando o processo difícil de ser resolvido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo, nota-se que existem vários tipos de fraturas que apresentam causas diversificadas, pelo fato do corpo humano ter em sua composição enorme acervo de ossos diferenciados e com desenho anatômico para receber diferentes tipos de cargas. Ao elaborar o plano de tratamento, o fisioterapeuta analisa questões importantes como idade, sexo, tipo de trauma, densidade óssea, existência de patologias associadas no intuito de evitar recidiva de lesões e complicações futuras. Recursos eletrotermofototerapêuticos tem se mostrado como importantes aliados nos tratamentos, uma vez que conseguem atingir a estrutura óssea aumentando o volume mineral assim como aumento significativo na proliferação de osteoblastos além da promoção de relaxamento, analgesia que são facilitadores ao trabalho fisioterapêutico. Conclui-se que o processo de cicatrização é precedido de diversos eventos e que os exercícios terapêuticos são de extrema importância após o período inflamatório para que haja uma perfeita reabilitação funcional das atividades de vida diária.

REFERÊNCIAS

ASTUR, DC; ZANATTA, F; ARLIANI, GG; MORAES, ER; POCHINI, AC; EJNISMAN, B. Fraturas por estresse: definição, diagnóstico e tratamento. **Rev Bras Ortop.** v. 51, n. 1, p. 3-10, Jan/Fev, 2016.

BORRACINI, JA; SPINA, VPL; LEAL, LPFF; SILVA, ER; PANZA, FT. Consolidação das fraturas na prática pericial médica. **Associação Brasileira de Medicina Legal e Perícias Médicas (ABMLPM), artigo de atualização.** v. 3, n. 6, Jun, 2018.

SCHÜTZ, M; RÜEDI, TP. **Princípios da fixação interna.** BUCHOLZ, RW; HECKMAN, JD; COURT-BROWN CM; TORNETTA, P III; MCQUEEN, MM; RICCI, WM, editors. Fraturas em adultos de Rockwood & Green. 7ª ed. Barueri: Manole; 2013.

CAMERON, MH. **Agentes físicos na reabilitação.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

DUTTON, M. **Fisioterapia ortopédica: exame, avaliação e intervenção.** 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GUERRA, TEM; THOBER, TA; BIGOLIN, AV; SOUZA, MP; ECHEVESTE, S. Fratura do quadril: avaliação pós-operatória do resultado clínico e funcional. **Rev Bras Ortop.** v. 45, n. 6, p. 577-82, Jul, 2010.

HALL, SJ. **Biomecânica básica.** 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

HOPPENFELD, S; MURTHY, VL. **Tratamento e reabilitação de fraturas.** Barueri: Manole, 2001.

JUDAS, F; PALMA, P; FALACHO, RI; FIGUEIREDO, H. **Estrutura e dinâmica do tecido ósseo.** 2012. Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Portugal. 2012. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/61497217.pdf>.

MANDELBAUM, SH; DI SANTIS, EP; MANDELBAUM, MHS. Cicatrização: conceitos atuais e recursos auxiliares - parte I. **An Bras Dermatol.** v. 78, n. 4, p. 393-410, Jul/Ago, 2003.

MCARDLE, WD; KATCH, FI; KATCH, VL. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano.** 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MOREIRA, BS. A biomecânica da fratura e o processo de cicatrização. Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). **Cadernos Unisuam.** Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 101-117, Jun, 2013.

NORDIN, M; FRANKEL, VH. **Biomecânica básica do sistema musculoesquelético.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

PINHEIRO, MM; CICONELLI, RM; JACQUES, NO; GENARO, PS; MARTINI, LA; FERRAZ, MB. O impacto da osteoporose no Brasil: dados regionais das fraturas em homens e mulheres adulto. **Rev Bras Reumatol.** v. 50, n. 2, p. 113-27, Mai/Abr, 2010.

PRENTICE, WE. **Fisioterapia na prática esportiva: uma abordagem baseada em competências**. 14^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

SANTOS, K. **Princípios da cicatrização óssea**. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011. Disponível em https://portais.ufg.br/up/67/o/Seminario2011_Kesia_Santos.pdf. Acesso em: 20 abr. 2019.

SILVEIRA, VAL *et al.* Incidência de fratura do quadril em área urbana do nordeste brasileiro. **Cad. Saúde Pública [online]**. v. 21, n. 3, p. 907-912, Mai/Jun, 2005.

STOLNICKI, B; OLIVEIRA, LG. Para que a primeira fratura seja a última. **Rev Bras Ortop.** v. 51, n. 2, p. 121-126, Mar/Abr, 2016.